



TITLE:

2.(I 基研における物理学,基礎物理学研究所の将来と物理学,基研シンポジウム)

AUTHOR(S):

森, 肇

CITATION:

森, 肇. 2.(I 基研における物理学,基礎物理学研究所の将来と物理学,基研シンポジウム). 物性研究 1980, 34(2): 160-163

ISSUE DATE:

1980-05-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/90110>

RIGHT:

森 肇

益川：ばくぜんとした宇宙と膨張宇宙の違いは？

佐藤：今の物理学で全部わかるかもしれないという態度でやれるものが、ばくぜんとしたのではない、はっきりとした膨張宇宙論だ。

山口：定常宇宙論も膨張宇宙論と同じぐらいはっきりしている。又、重力波については、最近では、pulsarでのぼう証があると思うが。

佐藤：振動宇宙論は今ある物理学の力では説明出来ないの、ばくぜんとした宇宙論をやるより、はっきりとした今ある物理学でやれる膨張宇宙論をやるほうが物理屋として、望ましい立場だ。重力波については、あるパルサーの公転周期が短くなるので、検証されたといってもよい。1年に長軸が4度ずれるということが相対論とよく合っている。

2.

九大・理 森 肇

基研における物理として、基研の長期研究計画「非線型非平衡統計力学」で何を考え、何を明らかにしようとしているか、をお話する。

物性物理は低温、磁性、半導体……を縦わりとすれば、統計物理は相転移、不可逆過程、非線型非平衡……と横わりの性格をもっている(図1のように)。統計力学は、この20年間、主に相転移と非平衡統計力学を課題として物性物理と共に進んできた。日本で展開された線型応答や、松原グリーン関数、不可逆過程の理論は、現在、物性物理で広く使われている。この統計力学は Boltzmann の原理 $S = k \log W$ に立脚していて、ハミルトン力学系からの、その基礎づけの研究も続いている。

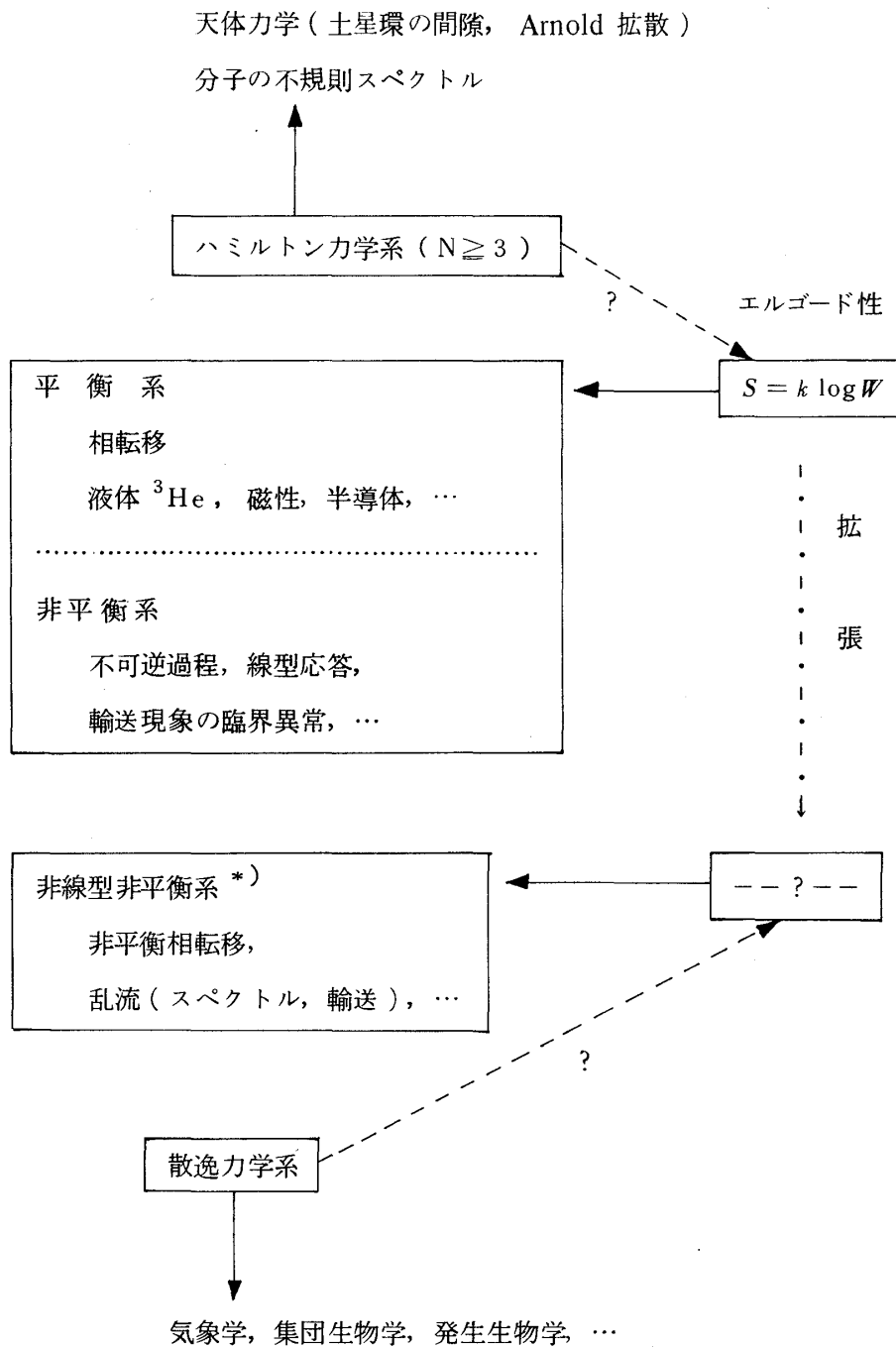
ところで、現在、統計力学は再び“非常に基礎的な問題”に直面している。大げさにいえば、Boltzmann が100年程前に直面したと同じタイプの問題に直面しているといえる。つまり、図1のように、非線型非平衡系では、 $S = k \log W$ に対応する principle が見出されていない。

非線型非平衡では、平衡系の相転移とは異質の相転移がおこる。平衡から体系をずらしていくと、時空の対称性が successive に変化して、遂には乱流、一般には chaos 相 へ移転する。このような現象は、流体だけでなく、レーザーおよびそれを使う諸種の非線型光学、半導体のホット・エレクトロン、プラズマ、化学反応など、現在は物性物理の“周辺”でしかし、十分に一般性をもって見出されている。

これらの現象を支配する原理となるべき、――？――を見つけるのに、散逸力学系から演繹しようという試みがある。それは、丁度、Boltzmann 原理をハミルトン力学系から演繹しようというエルゴード派に相当するわけで、主に物理数学の人達が追求している。力学系の理論は、ハミルトン力学系にしろ、散逸力学系にしろ、最近いろいろと具体的成果があがって、それぞれ、興味深い応用がなされている。

しかし、物理の人達は、実験を参考にし computer を駆使して、法則を発見したい、あわよくば、 $S =$

図1



*) レーザー物理, 流体 (古典, 量子), 化学反応系,
半導体の熱い電子系, プラズマ, ... 核反応系

$k \log W$ に相当するものを見出したいと願っている。 Boltzmann の原理ほど一般性のあるものがあるかどうかはまだ明らかでないが。

このような問題は、現在の物理の“中枢”というより“周辺”から起ってきたので、何が何故問題かを二、三の具体例についてお話した。非線型非平衡では、平衡やその近傍では起らない現象がいろいろあるが、その中で、従来の統計物理とは肌合の異ったものとして

A マクロの構造形成

- 1) 流れ、化学反応のつくるパターン、散逸波
- 2) 形態形成 (雪の結晶、発生生物学 etc.)

B マクロの chaos (e. g., 乱流)

- 1) chaos 相への逐次移転

非平衡相転移は、安定化として働く散逸力と不安定化をもたらす非線型力との“競りあい”でおこるが、逐次転移はマクロの構造形成とその不安定化のプロセスが如何にして chaos をもたらすかを教える。

- 2) chaos を特徴づける量

- a. 不安定性の時空的に local な性質
- b. fractal D など global な性質

- 3) local と global をつなぐ物理的原理は?

- 4) 大小様々、すべての scale の振動数からなる連続スペクトルをもつが、その性質は?

があるが、A は蔵本さんが昨年 25 周年シンポジウムでお話をされたので、B についてお話した。

この問題は、非線型非平衡だけでしか意義のない流体物理やレーザーで最も研究が進んでいる。そこで、Lorenz モデル、発達した乱流の統計および外場 η の下での振動子

$$\ddot{x} + 0.1 \dot{x} + x = \eta,$$

$$\dot{\eta} = r x (1 - x)$$

が示す chaos 相への Brunovsky 型転移とスケーリング則をとりあげた。

問題は、Navier–Stokes 方程式や上記の一見簡単な力学方程式が、レイノルズ数や r の大きな値の領域 (chaos 相) において 非可積分系 となり、“統計力学”が不可欠となることである。統計力学は、熱平衡において、ミクロの世界とマクロの世界とをつなぐことに成功した。ここでは、ミクロに対応するのは、“時空的に local な性質”であり、マクロに対応するのは“global な性質”といえよう。したがって、 $S = k \log W$ に対応するものが見付かれれば、力学方程式の時空的に local な性質から、global な性質つまり chaos の統計的性質を議論できることとなる。ここには、local な性質と global な性質とは質的に異なるということと力学系理論はまだ道が遠いという予測がある。

不規則な曲線、面などを特徴づける fractal D を、chaos のダイナミックスでも有用な量であるという観点から、chaos の global な性質を規定するものとして議論の中心においた。

非線型現象はわれわれの周りや宇宙に満ち満ちているが、物質科学としての物理では、その周辺で始まったといえる。素粒子から物性まで、自然現象の素材は出揃ってきた。それらが繰り広げる自然現象のドラマを解明するとき、非線型物理は、基本的役割を演ずるに違いない。軌道や場の不安定性や chaos の物理的研究は、その重要な一翼を担うものと思われる。現在では、基礎さえはっきりしない、混沌とした分野であるが、そのような分野に活力を与え、掘りどころを与えてきたのは、基研の物性の特色ではなからうか。

座長： 御質問をどうぞ。

益川： chaos かどうかは可積分かどうかできまるといわれたが、可積分でなければ chaos なのか。

森： 非可積分は十分条件にはならない。天体物理での例として、土星の輪は三体問題になって非可積分であるが、chaos ではない。

佐藤： マクロかミクロかによらない論理構造になっているのか。

森： そうだと思う。

3.

東大・核研 丸 森 寿 夫

原子核物理における新局面

§1 物質科学としての核物理学

今世紀の物質科学の発展について、まず第一にあげられるものは、物質の基本構成要素の追求という立場からの“物質の構造”の研究であろう。物質が不可分割な原子からなるという19世紀の物質観は、今世紀になって原子が原子核と電子からなり、原子核もまた陽子と中性子とからなることが明らかにされて、根底からくつがえされた。さらに、ここ20～30年間の素粒子物理学の発展は、これら素粒子さえも、もはや物理の窮極的構成要素ではないことを、ますます明確にしつつある。こうして、現代物理学は、物質は汲みつくしえない深さの階層構造をもつものであって、分子・原子・原子核・素粒子などのような原子論的な諸概念は、いずれも研究の進展に応じて次第にあげきだされてきた物質構造上の諸階層を表わすものである、という認識をもたらした。これらの原子論的諸概念は質的に異なった物質の存在様式を特徴づけるものと規定することができよう。